

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-105928

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-248929

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月12日

(31) 優先権主張番号 08/710804

(32) 優先日 1996年9月23日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ハルダヤル・シン・ギル

アメリカ合衆国94028 カリフォルニア州  
ポートラ・バレー グローヴ・ドライブ  
10

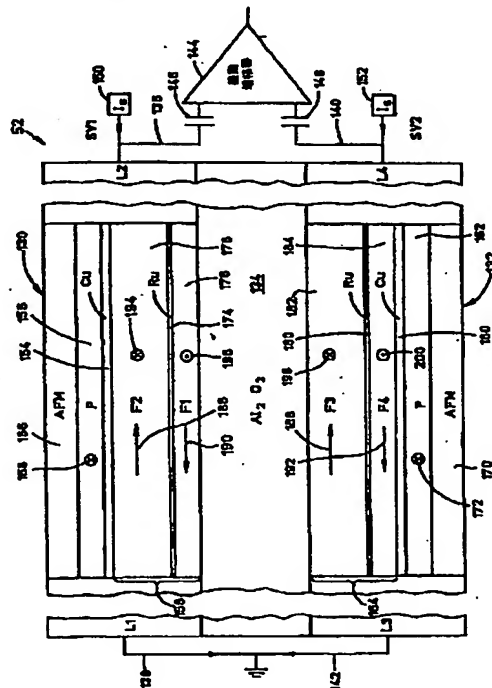
(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

(54) 【発明の名称】 MR読取りヘッド、それを含む複合ヘッド及びそれを含む磁気ディスク・ドライブ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 絶縁ギャップ層によって分離された第1及び第2のスピン・バルブ・センサを使用する磁気読取りヘッド用のスピン・バルブ・センサ構造を提供する。

【解決手段】 各スピン・バルブ・センサは、ピン止め層162と積層自由層164との間に挟まれたスペーサ層160を有する。ピン止め層の磁気配向は、第1及び第2の反強磁性層166、170によって同じ方向にピン止めされる。第1の積層自由層は、第1及び第2の強磁性自由層176、178間に挟まれた非常に薄いルテニウム (Ru) 層を含み、第2の積層自由層は、第3及び第4の強磁性自由層182、184間に挟まれた非常に薄い第2のルテニウム (Ru) 層174、180を含む。第2の強磁性自由層は第1の強磁性自由層より厚く、第3の強磁性自由層は第4の強磁性自由層より厚い。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】空気ベアリング表面（ABS）を備えたMR読取りヘッドにおいて、

磁界に反応して反対の極性を有する応答を生成する第1及び第2のスピンのバルブ・センサと、

第1及び第2のスピンのバルブ・センサ間に挟まれたギャップ層と、

第1のスピンのバルブ・センサに直列に接続された第1及び第2のリードと、第2のスピンのバルブ・センサに直列に接続された第3及び第4のリードとを含み、

第1及び第3のリードは電氣的に相互接続され、

第1のスピンのバルブ・センサは、それらの間に交換結合を形成するために互いに境界をなす第1のピン止め層と第1の反強磁性層とを含み、第2のスピンのバルブ・センサは、それらの間に交換結合を形成するために互いに境界をなす第2のピン止め層と第2の反強磁性層とを含み、

第1及び第2の反強磁性層は、第1及び第2のピン止め層の磁気モーメントを同じ方向にピン止めすることを特徴とする、MR読取りヘッド。

【請求項2】第1及び第2の反強磁性層が、ほぼ同じブロッキング温度を有するほぼ同じ材料であることを特徴とする、請求項1に記載のMR読取りヘッド。

【請求項3】複合ヘッドが、絶縁スタック内に埋め込まれた誘導コイルを含み、絶縁スタック及び誘導コイルが第1及び第2の磁極片間に挟まれ、

第1及び第2の磁極片が空気ベアリング表面で書き込みギャップ層によって間隔がけられていることを特徴とする、請求項2に記載のMR読取りヘッドを含む、複合MR読取りヘッド及び誘導書き込みヘッド。

【請求項4】差動増幅器を含み、

第2及び第4のリードが差動増幅器を越えて第1及び第2のスピンのバルブ・センサを並列に接続することを特徴とする、請求項3に記載の複合ヘッド。

【請求項5】第1及び第2のセンス電流源を含み、第1のセンス電流源が第2のリードに接続され、第2のセンス電流源が第4のリードに接続されていることを特徴とする、請求項4に記載の複合ヘッド。

【請求項6】請求項5に記載の複合ヘッドを含む磁気ディスク・ドライブにおいて、ドライブが、フレームと、

フレーム上に回転式にサポートされる磁気ディスクと、フレーム上に取り付けられ、磁気ディスクと変換関係になるように複合ヘッドをサポートするためのサポートと、

磁気ディスクを回転させる手段と、

サポートに接続され、前記磁気ディスクに対して複数の位置にヘッドを移動させるための位置決め手段と、

ヘッドと、磁気ディスクを回転させる手段と、位置決め

2

手段とに接続され、複合ヘッドと信号を交換し、磁気ディスクの動きを制御し、複合ヘッドの位置を制御する手段とを含むことを特徴とする、磁気ディスク・ドライブ。

【請求項7】第1のスピンのバルブ・センサが第1の非磁性導電スペーサ層と第1の積層自由層とを含み、第2のスピンのバルブ・センサが第2の非磁性導電スペーサ層と第2の積層自由層とを含み、

第1のスペーサ層が第1の積層自由層と第1のピン止め層との間に挟まれ、第2のスペーサ層が第2の積層自由層と第2のピン止め層との間に挟まれ、

第1の積層自由層が第1及び第2の強磁性自由層間に挟まれた第1のルテニウム層を含み、第2の積層自由層が第3及び第4の強磁性自由層間に挟まれた第2のルテニウム層を含み、第1及び第2のルテニウム層は十分薄いので、第1及び第2の強磁性自由層が交換結合により結合し、第3及び第4の強磁性自由層が交換結合により結合し、

第2の自由層は第1の強磁性自由層より大きい磁化を有し、第3の強磁性自由層は第4の自由層より大きい磁化を有するので、第1の強磁性自由層が第2の強磁性自由層の磁気回転に追随し、第4の強磁性自由層が第3の強磁性自由層の磁気回転に追随し、

第1のスペーサ層が第1のピン止め層と第2の強磁性自由層との間に挟まれ、第2のスペーサ層が第2のピン止め層と第4の強磁性自由層との間に挟まれていることを特徴とする、請求項1に記載のMR読取りヘッド。

【請求項8】第1及び第2の反強磁性層が、ほぼ同じブロッキング温度を有するほぼ同じ材料であることを特徴とする、請求項7に記載のMR読取りヘッド。

【請求項9】複合ヘッドが、絶縁スタック内に埋め込まれた誘導コイルを含み、絶縁スタック及び誘導コイルが第1及び第2の磁極片間に挟まれ、

第1及び第2の磁極片が空気ベアリング表面で書き込みギャップ層によって間隔がけられていることを特徴とする、請求項8に記載のMR読取りヘッドを含む、複合MR読取りヘッド及び誘導書き込みヘッド。

【請求項10】差動増幅器を含み、

第2及び第4のリードが差動増幅器を越えて第1及び第2のスピンのバルブ・センサを並列に接続することを特徴とする、請求項9に記載の複合ヘッド。

【請求項11】第1及び第2のセンス電流源を含み、第1のセンス電流源が第2のリードに接続され、第2のセンス電流源が第4のリードに接続されていることを特徴とする、請求項10に記載の複合ヘッド。

【請求項12】請求項11に記載の複合ヘッドを含む磁気ディスク・ドライブにおいて、ドライブが、フレームと、

フレーム上に回転式にサポートされる磁気ディスクと、

10

20

30

40

50

3

フレーム上に取り付けられ、磁気ディスクと変換関係になるように複合ヘッドをサポートするためのサポートと、

磁気ディスクを回転させる手段と、

サポートに接続され、前記磁気ディスクに対して複数の位置にヘッドを移動させるための位置決め手段と、

ヘッドと、磁気ディスクを回転させる手段と、位置決め手段とに接続され、複合ヘッドと信号を交換し、磁気ディスクの動きを制御し、複合ヘッドの位置を制御する手段とを含むことを特徴とする、磁気ディスク・ドライ

【請求項13】ピン止め層の磁気モーメントがABSに対して垂直に配向され、第2及び第3の強磁性自由層がABSに対して平行な同じ方向に配向されている磁気モーメントを有することを特徴とする、請求項8に記載のMR読取りヘッド。

【請求項14】各強磁性自由層がNiFeであることを特徴とする、請求項8に記載のMR読取りヘッド。

【請求項15】各ルテニウム層が4～10Åの厚さであることを特徴とする、請求項8に記載のMR読取りヘッ

ド。  
【請求項16】第1及び第2のセンス電流源を含み、第1のセンス電流源が第2のリードに接続され、第2のセンス電流源が第4のリードに接続されていることを特徴とする、請求項8に記載のMR読取りヘッド。

【請求項17】ピン止め層の磁気モーメントが同じ方向でABSに対して垂直に配向され、第2及び第3の強磁性自由層がABSに対して平行な同じ方向に配向されている磁気モーメントを有することを特徴とする、請求項16に記載のMR読取りヘッド。

【請求項18】各強磁性自由層がNiFeであることを特徴とする、請求項17に記載のMR読取りヘッド。

【請求項19】各ルテニウム層が4～10Åの厚さであることを特徴とする、請求項18に記載のMR読取りヘッド。

【請求項20】複合ヘッドが、

絶縁スタック内に埋め込まれた誘導コイルを含み、

絶縁スタック及び誘導コイルが第1及び第2の磁極片間に挟まれ、

第1及び第2の磁極片が空気ベアリング表面で書き込みギャップ層によって間隔がけられていることを特徴とする、請求項19に記載のMR読取りヘッドを含む、複合MR読取りヘッド及び誘導書き込みヘッド。

【請求項21】差動増幅器を含み、

第2及び第4のリードが差動増幅器を越えて第1及び第2のスピンのバルブ・センサを並列に接続することとを特徴とする、請求項20に記載の複合ヘッド。

【請求項22】請求項21に記載の複合ヘッドを含む磁気ディスク・ドライブにおいて、ドライブが、フレームと、

4

フレーム上に回転式にサポートされる磁気ディスクと、フレーム上に取り付けられ、磁気ディスクと変換関係になるように複合ヘッドをサポートするためのサポートと、

磁気ディスクを回転させる手段と、

サポートに接続され、前記磁気ディスクに対して複数の位置にヘッドを移動させるための位置決め手段と、

ヘッドと、磁気ディスクを回転させる手段と、位置決め手段とに接続され、複合ヘッドと信号を交換し、磁気ディスクの動きを制御し、複合ヘッドの位置を制御する手段とを含むことを特徴とする、磁気ディスク・ドライ

ブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、差動スピン・バルブ・センサ構造に関し、より具体的には、差動検出及びコモン・モード除去のために1対のスピン・バルブを使用する再生ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】スピン・バルブ・センサは、磁気ディスクまたは磁気テープなどの可動磁気媒体からの磁界を感じ取るために読取りヘッドが使用するものである。このようなセンサは、第1及び第2の強磁性層（以下、ピン止め層及び自由層という）の間に挟まれた非磁性導電層（以下、スペーサ層という）を含む。第1及び第2のリードは、それを通るセンス電流を伝導するためにスピン・バルブ・センサに接続されている。ピン止め層の磁化は自由層の磁化に対して90°の角度にピン止めされ、自由層の磁化は外部磁界に対して自由に反応することができる。ピン止め層の磁化は、通常、反強磁性層との交換結合によりピン止めされる。スペーサ層の厚さは、センサを通る伝導電子の平均自由行程より小さくなるように選択される。この配置では、伝導電子の一部分はスペーサ層とピン止め層及び自由層との境界によって散乱する。ピン止め層と自由層の磁化が互いに平行である場合、散乱は最小限になり、ピン止め層と自由層の磁化が逆平行である場合、散乱は最大限になる。散乱が変化すると、 $\cos \theta$  に比例してスピン・バルブ・センサの抵抗が変化する。この場合、 $\theta$  はピン止め層と自由層の磁化間の角度である。スピン・バルブ・センサは、異方性磁気抵抗（AMR）センサよりかなり高い磁気抵抗（MR）係数を有する。このため、このセンサは、ジャイアント磁気抵抗または巨大磁気抵抗（GMR）センサと呼ばれることもある。

【0003】スピン・バルブ・センサを使用する読取りヘッド（以下、「スピン・バルブ読取りヘッド」という）を誘導書き込みヘッドと組み合わせ、複合ヘッドを形成することができる。複合ヘッドは、統合ヘッドまたはピギーバック・ヘッドのいずれかの構造を有することができる。統合ヘッドの単一層は、読取りヘッドのシール

5

ド及び書き込みヘッドの第1の磁極片として機能する。ピギーバック・ヘッドは、書き込みヘッドの第1の磁極片として機能する個別の層を有する。磁気ディスク・ドライブでは、複合ヘッドの空気ベアリング表面(ABS)は、ディスクに情報を書き込むためにまたはディスクから情報を読み取るために回転ディスクに隣接してサポートされている。情報は、書き込みヘッドの第1及び第2の磁極片間のギャップを録取る磁界によって回転ディスクに書き込まれる。読取りモードでは、スピン・バルブ・センサの抵抗は回転ディスクからの磁界の大きさに比例して変化する。センス電流がスピン・バルブ・センサを通して伝導すると、抵抗の変化によって電位の変化が発生し、それが再生信号として検出され処理される。

【0004】スピン・バルブ・ヘッドの信号対雑音比を増加するための方式は、コモン・モード雑音除去のために差動検出される第1及び第2のスピン・バルブ・センサを使用することである。各スピン・バルブ・センサは、自由層とピン止め層との間に挟まれた薄い非磁性導電層を含む。この方式が機能するようにするため、ピン止め層は互いに逆平行にピン止めしなければならない。これには、ピン止め層をピン止めする反強磁性層を異なるブロッキング温度を有する別々の材料で構築しなければならない。ブロッキング温度が最も高い反強磁性層を最初に構築し、次に、最初に構築した反強磁性層の磁気配向を変えないようにブロッキング温度がそれより低い反強磁性層を構築する。残念ながら、上記の方式を達成するために十分異なるブロッキング温度を有する様々な材料は現在知られていない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、印加した磁界の差動検出のために第1及び第2のスピン・バルブ・センサを使用するスピン・バルブ読取りヘッドを提供することにある。

【0006】他の目的は、ほぼ同じブロッキング温度を有するほぼ同じ材料の第1及び第2の反強磁性層を有する第1及び第2のスピン・バルブを使用するスピン・バルブ読取りヘッドを提供することにある。

【0007】他の目的は、コモン・モード除去及び強化信号出力を行うスピン・バルブ・センサを提供することにある。

【0008】他の目的は、先行技術のスピン・バルブ読取りヘッドに比べ、読戻し信号の信号対雑音比を大幅に改善するスピン・バルブ読取りヘッドを提供することにある。

【0009】他の目的は、10Gb/インチ<sup>2</sup>以上の面密度が可能なスピン・バルブ読取りヘッドを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、単一極性の磁界に反応して反対極性の応答を生成する第1及び第2の

6

スピン・バルブ・センサを使用するスピン・バルブ構造を提供する。反対極性応答は、雑音のコモン・モード除去及び強化複合信号の生成のために差動増幅器によって処理される。第1及び第2のスピン・バルブ・センサは、ギャップ層によって磁気的に分離されている。第1のスピン・バルブ・センサは第1及び第2のリードと直列に接続され、第2のスピン・バルブ・センサは第3及び第4のリードと直列に接続されている。第2及び第4のリードは電気的に相互接続され、第1及び第3のリードは差動増幅器に接続できるようになっている。第1のスピン・バルブ・センサは、第1の積層自由層と第1の強磁性ピン止め層との間に挟まれた第1の非磁性導電スペーサ層を含む。第2のスピン・バルブ・センサは、第2の積層自由層と第2の強磁性ピン止め層との間に挟まれた第2の非磁性導電スペーサ層を含む。第1及び第2のピン止め層の磁気モーメントの配向は、互いに平行でしかもスピン・バルブ構造を取り入れた読取りヘッドの空気ベアリング表面(ABS)に対して垂直に、第1及び第2の反強磁性層によってそれぞれピン止めされる。

【0011】第1の積層自由層は、第1及び第2の強磁性自由層間に挟まれた非常に薄い第1のルテニウム(Ru)層を含み、第2の積層自由層は、第3及び第4の強磁性自由層間に挟まれた非常に薄い第2のルテニウム(Ru)層を含む。第1及び第2のルテニウム層のそれぞれはおよそ約4~10Åの厚さになっているので、第1及び第2の自由層は強力に交換結合し、それぞれの磁気モーメントが互いに逆平行になり、第3及び第4の自由層は強力に交換結合し、それぞれの磁気モーメントが互いに逆平行になる。第1、第2、第3、第4の強磁性自由層の磁気モーメントはABSに対して平行の向きになっている。したがって、磁界が存在すると、第1及び第2の自由層の磁気モーメントが一緒に回転し、第3及び第4の自由層の磁気モーメントが一緒に回転する。第2及び第3の強磁性自由層はそれぞれ第1及び第4の強磁性自由層より厚いので、第2及び第3の強磁性自由層の磁気モーメントは磁界に反応して回転し、第1及び第4の強磁性自由層の磁気モーメントは追従する。

【0012】第1のスペーサ層は第1のピン止め層と第2の強磁性自由層との間に挟まれ、第2のスペーサ層は第2のピン止め層と第4の強磁性自由層との間に挟まれているので、印加した磁界が存在すると、第1のスピン・バルブの第1のピン止め層と第2の強磁性自由層との間に第1のスピン・バルブ効果が発生し、第2のスピン・バルブの第2のピン止め層と第4の強磁性自由層との間に第2のスピン・バルブ効果が発生する。第1及び第3の強磁性自由層は、伝導電子の平均自由行程を上回り、スピン・バルブ効果に貢献しない。上記の通り、第1及び第2のピン止め層の磁気モーメントの配向は平行であり、ABSに対して垂直である。第2及び第4の強磁性自由層の磁気モーメントの配向は互いに逆平行であ

50

7

り、ABSに対して平行である。したがって、磁界が存在すると、第2の強磁性自由層の磁気モーメントは第1のピン止め層の磁気モーメントに対して一方向に回転し、第4の強磁性自由層の磁気モーメントは第2のピン止め層の磁気モーメントに対して反対方向に回転する。その結果、第1のスピンのバルブは一方の極性の応答信号を生成し、第2のスピンのバルブは反対極性の応答信号を生成する。次にこれらの応答信号は、コモン・モード除去及び強化信号出力のために差動増幅器によって処理される。上記の配置では、第1及び第2の反強磁性層は同じブロッキング温度を有する同じ材料でできている。第1及び第2の積層自由層については、本出願人に譲渡された米国特許第5408377号に十分記載されている。この積層自由層は、大きさが等しくない逆平行磁化を備えた複数の層の組合せなので、一般に「合成フェリ磁性体 (synthetic ferrimagnet)」という。

【0013】本発明の上記その他の目的及び利点は、添付図面とともに以下の説明を読むとより明らかになるだろう。

【0014】

【発明の実施の形態】次に、添付図面を参照するが、複数の図面で使用する同じ参照番号は同じ部分または同様の部分を示し、図1、図2、図3には磁気ディスク・ドライブ30が示されている。ドライブ30は、磁気ディスク34をサポートし回転するスピンドル32を含む。スピンドル32はモータ36によって回転し、このモータはモータ・コントローラ38によって制御される。磁気ヘッド40は、記録及び読取り用の統合MRヘッドにすることができるが、スライダ42上に取り付けられ、このスライダはサスペンション43及びアクチュエータ・アーム44によってサポートされている。図3に示すように、大容量直接アクセス記憶装置 (DASD) では複数のディスク、スライダ、サスペンションを使用することができる。サスペンション43とアクチュエータ・アーム44は、磁気ディスク34の表面と変換関係になるように磁気ヘッド40を配置するようにスライダ42を位置決めする。ディスク34がモータ36によって回転すると、スライダ42は空気ベアリング表面 (ABS) 46によって空気 (空気ベアリング) の薄い (通常は0.075  $\mu\text{m}$ ) クッション上にサポートされる。次に、ディスクの表面上の複数の環状トラックに情報を書き込むためならびにそこから情報を読み取るために、磁気ヘッド40を使用する。処理回路48は、前記情報を表す信号をヘッド40と交換し、モータ駆動信号を出力し、スライダ42を様々なトラックに移動させるための制御信号を出力する。

【0015】図4は、書き込みヘッド部分と読取りヘッド部分とを有する統合MRヘッド50の側面断面図であり、読取りヘッド部分は本発明による2重 (デュアル) スピン・バルブMRセンサ52を取り入れたセンサ構造

8

を使用する。MRヘッド52は第1及び第2のギャップ層54と56との間に挟まれ、第1及び第2のギャップ層は第1及び第2のシールド層58と60との間に挟まれている。外部磁界に応答して、MRセンサ52の抵抗が変化する。センサを通して伝導されたセンス電流により、このような変化が電位の変化として明らかになる。このような電位の変化は、図3に示す処理回路48によって処理される。

【0016】ヘッドの書き込みヘッド部分は、第1及び第2の絶縁層66と68との間に挟まれたコイル層64を含む。第3の絶縁層70を使用してヘッドを平面化し、コイル層64によって発生する第2の絶縁層のリプルを除去することができる。コイル層64と、第1、第2、第3の絶縁層66、68、70は、第1及び第2の磁極片層72と74との間に挟まれている。第1及び第2の磁極片層72と74は、ABSの書き込みギャップ層76によって分離され、ABSから間隔をおいた後部ギャップ (図示せず) で電磁結合される。図2に示す通り、第1及び第2のはんだ接続部80及び82はMRセンサ52からのリード (図示せず) をサスペンション43上のリード (図示せず) に接続し、第3及び第4のはんだ接続部84及び86はコイル64からのリード (図示せず) をサスペンション上のリード (図示せず) に接続する。

【0017】図7は、以下に記載する本発明の2重スピン・バルブ・センサ52の背景として説明する磁気抵抗 (MR) スピン・バルブ・センサの先行技術の実施例100を示している。MRセンサ100は、自由層102とピン止め層104である第1及び第2の強磁性層を有する。非磁性導電スペーサ層106は、自由層102とピン止め層104との間に挟まれている。反強磁性 (AFM) 層108はピン止め層104のフィルム表面と境界を接するフィルム表面を有するので、ピン止め層104の磁化110は反強磁性層108との交換結合により、ABSに対して垂直など、所定の方向にピン止めされる。自由層102は、回転ディスクからの磁界信号の影響を受けて自由に回転できる磁化111を有する。自由層102とピン止め層104は通常、パーマロイ (NiFe) で作られ、スペーサ層106は通常、銅で作られる。反強磁性層108はNiMnとFeMnからなるグループから選択した材料で作ることができる。第1及び第2のリード112及び114は、リード間の間隔が読取りヘッドのトラック幅を定義するように、連続接合部などの適当な手段によってセンサ100に電気接続されている。センス電流源118は、スピン・バルブ・センサを通して伝導されるセンス電流 ( $I_s$ ) を供給するために第1及び第2のリード112及び114に電気接続されている。センス電流源118と並列の感知回路120は、図1に示す回転ディスク34によってスピン・バルブ・センサ内に磁界信号を誘導したときのスピン・

9

バルブ・センサ100における電位の変化を感知するためのものである。センス電流源118と感知回路120は図3の処理回路48の一部である。

【0018】層102、104、106、108のそれぞれは、第1及び第2のリード112と114との間のセンス電流の一部分を伝導する。スピン・バルブ・センサの動作の重要なパラメータは、スペーサ層106が第1及び第2のリード112と114との間を流れる伝導電子の平均自由行程より小さい厚さを有することである。電子散乱の度合いは、自由層102の磁化111とピン止め層104の磁化110との相対角度によって決まるが、センス電流 $I_s$ に対するMRセンサの抵抗を決定する。最大散乱とそれに対応する最大抵抗は、磁化110と111が逆平行であるときに発生し、最小散乱とそれに対応する最小抵抗は、磁化110と111が互いに平行であるときに発生する。自由層102の磁化111は、通常、ABSに対して平行に配向されるので、回転ディスクから正と負の磁界信号を受け取ると、磁化111は上向きまたは下向きに回転し、センサの抵抗を増加または減少させる。これは、ピン止め層104の磁化110がABSに向かうのではなくABSから離れる向きに配向されている場合、反対の状況になるはずである。

【0019】スペーサ層106が薄く、ピン止め層104との境界でその層が粗いため、強磁性結合 $H_{FC}$ が発生し、これがピン止め層104によって自由層102に誘導される。自由層102に作用するもう1つの磁界はピン止め層104からの減磁磁界であり、これが自由層上に誘導減磁磁界 $H_{DEMAG}$ を引き起こす。これは、スピン・バルブ・センサが図4に示すように第1及び第2のシールド層58と60との間にセンタリングされたときに、通常、およそ510°になる。層102、104、106の厚さとセンス電流 $I_s$ の量を適切に制御することにより、実質的に互いに相殺するために前述の磁界を作ることができるので、読取りヘッドが静止状態のときに（センス電流はあるが印加された信号はない）、図7に示すように、自由層の磁気モーメント111がABSと平行になる。

【0020】図7に示す先行技術のスピン・バルブ・センサ100の問題は、センサが拾い上げる雑音は信号とともに処理されることである。信号対雑音比（SNR）を高めるためにこの雑音を低減または除去することができれば、望ましいはずである。1対の先行技術のセンサ100を適切に使用できれば、雑音はコモン・モード雑音除去によって除去できるはずである。この1対の先行技術のセンサは、一方の極性の磁界に応答して反対極性の信号を生成するために必要になるはずである。応答信号は、コモン・モード雑音を除去し、それによりSNRを高めるために、差動増幅器によって処理されるはずである。ピン止め層は、そのうちの1つを図7の104に

10

示すが、互いに逆平行にピン止めする必要があると思われる。このため、そのうちの1つを図7の108に示す反強磁性層は、互いに180°位相が外れた磁気配向によって設定しなければならないはずである。

【0021】製作中、加熱フェーズ中に所望の方向に層に磁界を印加することにより、磁化の配向の設定を行う。たとえば、反強磁性層が $FeMn$ である場合、その磁気配向は、層を200℃まで加熱することによる製作中に確立されるはずであり、それは所望の方向の磁界にさらされる。この200°のレベルは、 $FeMn$ のブロッキング温度という。2つの反強磁性層が同じ材料でできている場合、その磁化を互いに逆平行に配向することは不可能であると思われる。どちらの反強磁性層も同じ温度と同じ磁界にさらされる。したがって、反強磁性層が、その磁気配向を互いに逆平行に確立できるように十分異なるブロッキング温度を有するのであれば、望ましいはずである。十分異なるブロッキング温度を有するこのような1対の強磁性層は現在、存在が知られていない。したがって、コモン・モード雑音除去は、スピン・バルブ読取りヘッドにとっては望ましい機能であるが、その強磁性層に必要な材料が欠如しているので達成不能であった。

【0022】図4、図5、図6に示すように、本発明のスピン・バルブ読取りヘッド52は、 $Al_2O_3$ などのギャップまたは絶縁層134によって分離される第1及び第2のスピン・バルブ・センサ130及び132を使用する。図6に示すように、第1のスピン・バルブ・センサ130は第1及び第2のリード136及び138と直列に接続され、第2のスピン・バルブ・センサ132は第3及び第4のリード140及び142と直列に接続されている。接続のタイプは、図6に示すように、連続接合部にする事ができる。リード138及び142はアースに相互接続することができ、リード136及び140は第1及び第2のキャパシタ146及び148により差動増幅器144を越えて接続することができる。第1及び第2のセンス電流源150及び152は第2及び第4のリード136及び140にそれぞれ接続されるので、センス電流 $I_s$ はそれぞれのスピン・バルブ・センサ130及び132を通してアースに伝導される。好ましい実施例では、センス電流 $I_s$ は等しく、第1及び第2のセンサ130及び132の抵抗は静止状態（センス電流なし）のときに等しくなる。スピン・バルブ・センサ130及び132は反対極性を有する応答信号を生成するように構成されているので、コモン・モード雑音除去を達成するために応答信号を差動増幅器144によって差別的に処理することができる。差動増幅器144は図3に示す処理回路48の一部である。スピン・バルブ・センサ130及び132によって生成され180°位相が外れた応答信号は差動増幅器144によって加算され、コモン・モード雑音は打ち消される。



11

【0023】スピン・バルブ・センサ130は、ピン止め層156と積層自由層158との間に挟まれた第1の薄いスペーサ層154を含む。スピン・バルブ・センサ132は、ピン止め層162と積層自由層164との間に挟まれた薄いスペーサ層160を含む。スピン・バルブ・センサ130は、矢印168が示すように交換結合によりその磁気配向を紙面の奥に向かってピン止め層156との境界になる反強磁性層(AFM)166をさらに含む。同様に、スピン・バルブ・センサ132は、矢印172が示すように交換結合によりそのピン止め層の磁化を紙面の奥に向かって配向するためにピン止め層162との境界になる反強磁性層(AFM)170を含む。本発明では、反強磁性層166及び170は、同じブロッキング温度を有するFeMnなどの同じ材料で構築されているので、磁気配向168及び172は互いに平行になり、好ましくはABSに対して垂直になる。必要であれば、任意で、磁気配向168及び172を紙面の外に向けることもできる。この配置では、紙面の外に向けられた磁界の下で反強磁性層166及び170を200℃の熱にさらすことにより、反強磁性層166及び170の磁気配向が製作中に確立される。

【0024】積層自由層158は、第1及び第2の強磁性自由層176と178との間に挟まれた非常に薄いルテニウム(Ru)層174を含む。積層自由層164は、第3及び第4の強磁性自由層182と184との間に挟まれた非常に薄いルテニウム(Ru)層180を含む。ルテニウム層174及び180は4Å~10Åの範囲の厚さを有する。第1及び第2の強磁性自由層176と178との間ならびに強磁性自由層182と184との間には強い交換結合が存在する。以下に記載する目的の場合、第2の強磁性自由層178が第1の強磁性自由層176より厚く、第3の強磁性自由層182が第4の強磁性自由層184より厚いことが重要である。

【0025】製作中、第2及び第3の強磁性自由層178及び182の磁気モーメントの配向は、磁気モーメント186及び188が示すように、互いに平行でABSに対して平行な同じ方向に位置合せされる。このような磁気モーメントは、任意で反対方向に位置合せすることもできる。第2の強磁性自由層178は第1の強磁性自由層176に交換結合された反強磁性体なので、第1の強磁性自由層176の磁気モーメント190は磁気モーメント186に対して逆平行である。同様に、第3の強磁性自由層182は第4の強磁性自由層184に交換結合された反強磁性体なので、第4の強磁性自由層の磁気モーメント192は第3の強磁性自由層の磁気モーメント188に対して逆平行である。読取りヘッド52が静止状態の場合、すなわち、センス電流の伝導中であるが、信号は印加されていない場合、自由層の磁気配向は186、188、190、192に示す通りになる。回

12

転ディスクからの磁界信号によって励起すると、これらの磁気モーメントはピン止め層156及び162の固定磁気モーメント168及び172に対して相対的に回転する。第1のスピン・バルブ130のスピン・バルブ効果は第2の強磁性自由層178の磁気モーメント186とピン止め層156の磁気モーメント168との相対回転間でのみ発生する。第1の自由層176はセンス電流の伝導電子の平均自由行程の外側で回転するので、その磁気モーメント190の回転はスピン・バルブ効果に対して一切影響を及ぼさない。同様に、スピン・バルブ・センサ132のスピン・バルブ効果を引き起こすのは、ピン止め層162の磁気モーメント172に対する第4の強磁性自由層184の磁気モーメント192の回転である。同様に、第3の強磁性自由層182はセンス電流の伝導電子の平均自由行程を上回るので、その磁気モーメント188の回転はスピン・バルブ効果に対して一切影響を及ぼさない。

【0026】回転ディスクからの磁界を検出すると、厚い方の自由層178及び182は同じ方向に回転する。薄い方の強磁性自由層176及び184は厚い方の層178及び182に対して強く交換結合しているので、その磁気モーメント190及び192は磁気モーメント186及び188にそれぞれ追従する。各スピン・バルブ・センサの厚い層と薄い層との交換結合の力はおおよそ10,000eである。F1はF2に対してしっかり逆平行結合し、同様にF3はF4に対してしっかり逆平行結合している。これらの層は、磁界に応答しながら、逆平行磁化配向を維持する。磁界が紙面の奥に向かって向けられていると想定すると、第2の強磁性自由層178の磁気モーメント186は矢印194が示すように、飽和状態になるように紙面の奥に向かって回転する。第2の強磁性自由層の磁気モーメント194がピン止め層156の磁気モーメント168と平行であると、スピン・バルブ・センサ130の抵抗が最小になる。強磁性自由層176の磁気モーメント190は、矢印196が示すように、第2の強磁性自由層178の磁気モーメント186に対して反対方向に回転する。同様に、紙面の奥に向かって信号が印加されると、第3の強磁性自由層182の磁気モーメント188は、矢印198が示すように、飽和状態になるように紙面の奥に向かって回転する。第4の強磁性自由層184の磁気モーメント192は、矢印200が示すように、紙面の外側に回転する。第4の強磁性自由層の磁気モーメント200は紙面の外へ向かい、ピン止め層162の磁気モーメント172は紙面の奥に向かうので、これらは逆平行であり、スピン・バルブ・センサ132の抵抗はセンス電流に対して最大になる。回転ディスクからの磁界信号が紙面の奥ではなく紙面の外に向かっている場合、矢印194、196、198、200は方向が逆になるはずである。

【0027】したがって、スピン・バルブ読取りヘッド

13

52が一方の極性の磁界にさらされると、スピン・バルブ・センサ130は一方の極性の応答信号を生成し、スピン・バルブ・センサ132は反対極性の第2の信号を生成する。これらの応答信号は互いに180°位相が外れており、差動増幅器144によって差別的に検出されるが、この差動増幅器は応答信号を合成し、コモン・モード雑音除去のためにセンサが拾い上げた雑音のない強化応答信号を生成する。積層自由層158及び164については、本出願人に譲渡された米国特許第5408377号に記載されている。本発明では、反強磁性層166及び170は、同じ材料で構築し、製作中にその磁気配向を同時に設定することができる。

【0028】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0029】(1) 空気ベアリング表面 (ABS) を備えたMR読取りヘッドにおいて、磁界に反応して反対の極性を有する応答を生成する第1及び第2のスピン・バルブ・センサと、第1及び第2のスピン・バルブ・センサ間に挟まれたギャップ層と、第1のスピン・バルブ・センサに直列に接続された第1及び第2のリードと、第2のスピン・バルブ・センサに直列に接続された第3及び第4のリードとを含み、第1及び第3のリードは電気的に相互接続され、第1のスピン・バルブ・センサは、それらの間に交換結合を形成するために互いに境界をなす第1のピン止め層と第1の反強磁性層とを含み、第2のスピン・バルブ・センサは、それらの間に交換結合を形成するために互いに境界をなす第2のピン止め層と第2の反強磁性層とを含み、第1及び第2の反強磁性層は、第1及び第2のピン止め層の磁気モーメントを同じ方向にピン止めすることを特徴とする、MR読取りヘッド。

(2) 第1及び第2の反強磁性層が、ほぼ同じブロッキング温度を有するほぼ同じ材料であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR読取りヘッド。

(3) 複合ヘッドが、絶縁スタック内に埋め込まれた誘導コイルを含み、絶縁スタック及び誘導コイルが第1及び第2の磁極片間に挟まれ、第1及び第2の磁極片が空気ベアリング表面で書き込みギャップ層によって間隔がけられていることを特徴とする、上記(2)に記載のMR読取りヘッドを含む、複合MR読取りヘッド及び誘導書き込みヘッド。

(4) 差動増幅器を含み、第2及び第4のリードが差動増幅器を越えて第1及び第2のスピン・バルブ・センサを並列に接続することを特徴とする、上記(3)に記載の複合ヘッド。

(5) 第1及び第2のセンス電流源を含み、第1のセンス電流源が第2のリードに接続され、第2のセンス電流源が第4のリードに接続されていることを特徴とする、上記(4)に記載の複合ヘッド。

(6) 上記(5)に記載の複合ヘッドを含む磁気ディス 50

14

ク・ドライブにおいて、ドライブが、フレイムと、フレイム上に回転式にサポートされる磁気ディスクと、フレイム上に取り付けられ、磁気ディスクと変換関係になるように複合ヘッドをサポートするためのサポートと、磁気ディスクを回転させる手段と、サポートに接続され、前記磁気ディスクに対して複数の位置にヘッドを移動させるための位置決め手段と、ヘッドと、磁気ディスクを回転させる手段と、位置決め手段とに接続され、複合ヘッドと信号を交換し、磁気ディスクの動きを制御し、複合ヘッドの位置を制御する手段とを含むことを特徴とする、磁気ディスク・ドライブ。

(7) 第1のスピン・バルブ・センサが第1の非磁性導電スペーサ層と第1の積層自由層とを含み、第2のスピン・バルブ・センサが第2の非磁性導電スペーサ層と第2の積層自由層とを含み、第1のスペーサ層が第1の積層自由層と第1のピン止め層との間に挟まれ、第2のスペーサ層が第2の積層自由層と第2のピン止め層との間に挟まれ、第1の積層自由層が第1及び第2の強磁性自由層間に挟まれた第1のルテニウム層を含み、第2の積層自由層が第3及び第4の強磁性自由層間に挟まれた第2のルテニウム層を含み、第1及び第2のルテニウム層は十分薄いので、第1及び第2の強磁性自由層が交換結合により結合し、第3及び第4の強磁性自由層が交換結合により結合し、第2の自由層は第1の強磁性自由層より大きい磁化を有し、第3の強磁性自由層は第4の自由層より大きい磁化を有するので、第1の強磁性自由層が第2の強磁性自由層の磁気回転に追随し、第4の強磁性自由層が第3の強磁性自由層の磁気回転に追随し、第1のスペーサ層が第1のピン止め層と第2の強磁性自由層との間に挟まれ、第2のスペーサ層が第2のピン止め層と第4の強磁性自由層との間に挟まれていることを特徴とする、上記(1)に記載のMR読取りヘッド。

(8) 第1及び第2の反強磁性層が、ほぼ同じブロッキング温度を有するほぼ同じ材料であることを特徴とする、上記(7)に記載のMR読取りヘッド。

(9) 複合ヘッドが、絶縁スタック内に埋め込まれた誘導コイルを含み、絶縁スタック及び誘導コイルが第1及び第2の磁極片間に挟まれ、第1及び第2の磁極片が空気ベアリング表面で書き込みギャップ層によって間隔がけられていることを特徴とする、上記(8)に記載のMR読取りヘッドを含む、複合MR読取りヘッド及び誘導書き込みヘッド。

(10) 差動増幅器を含み、第2及び第4のリードが差動増幅器を越えて第1及び第2のスピン・バルブ・センサを並列に接続することを特徴とする、上記(9)に記載の複合ヘッド。

(11) 第1及び第2のセンス電流源を含み、第1のセンス電流源が第2のリードに接続され、第2のセンス電流源が第4のリードに接続されていることを特徴とする、上記(10)に記載の複合ヘッド。



15

(12) 上記(11)に記載の複合ヘッドを含む磁気ディスク・ドライブにおいて、ドライブが、フレイムと、フレイム上に回転式にサポートされる磁気ディスクと、フレイム上に取り付けられ、磁気ディスクと変換関係になるように複合ヘッドをサポートするためのサポートと、磁気ディスクを回転させる手段と、サポートに接続され、前記磁気ディスクに対して複数の位置にヘッドを移動させるための位置決め手段と、ヘッドと、磁気ディスクを回転させる手段と、位置決め手段とに接続され、複合ヘッドと信号を交換し、磁気ディスクの動きを制御し、複合ヘッドの位置を制御する手段とを含むことを特徴とする、磁気ディスク・ドライブ。

(13) ピン止め層の磁気モーメントがABSに対して垂直に配向され、第2及び第3の強磁性自由層がABSに対して平行な同じ方向に配向されている磁気モーメントを有することを特徴とする、上記(8)に記載のMR読取りヘッド。

(14) 各強磁性自由層がNiFeであることを特徴とする、上記(8)に記載のMR読取りヘッド。

(15) 各ルテニウム層が4~10Åの厚さであることを特徴とする、上記(8)に記載のMR読取りヘッド。

(16) 第1及び第2のセンス電流源を含み、第1のセンス電流源が第2のリードに接続され、第2のセンス電流源が第4のリードに接続されていることを特徴とする、上記(8)に記載のMR読取りヘッド。

(17) ピン止め層の磁気モーメントが同じ方向でABSに対して垂直に配向され、第2及び第3の強磁性自由層がABSに対して平行な同じ方向に配向されている磁気モーメントを有することを特徴とする、上記(16)に記載のMR読取りヘッド。

(18) 各強磁性自由層がNiFeであることを特徴とする、上記(17)に記載のMR読取りヘッド。

(19) 各ルテニウム層が4~10Åの厚さであることを特徴とする、上記(18)に記載のMR読取りヘッド。

(20) 複合ヘッドが、絶縁スタック内に埋め込まれた誘導コイルを含み、絶縁スタック及び誘導コイルが第1及び第2の磁極片間に挟まれ、第1及び第2の磁極片が空気ベアリング表面で書き込みギャップ層によって間隔が

あけられていることを特徴とする、上記(19)に記載のMR読取りヘッドを含む、複合MR読取りヘッド及び誘導書き込みヘッド。

(21) 差動増幅器を含み、第2及び第4のリードが差動増幅器を越えて第1及び第2のスピン・バルブ・センサを並列に接続することを特徴とする、上記(20)に記載の複合ヘッド。

(22) 上記(21)に記載の複合ヘッドを含む磁気ディスク・ドライブにおいて、ドライブが、フレイムと、フレイム上に回転式にサポートされる磁気ディスクと、フレイム上に取り付けられ、磁気ディスクと変換関係に

16

なるように複合ヘッドをサポートするためのサポートと、磁気ディスクを回転させる手段と、サポートに接続され、前記磁気ディスクに対して複数の位置にヘッドを移動させるための位置決め手段と、ヘッドと、磁気ディスクを回転させる手段と、位置決め手段とに接続され、複合ヘッドと信号を交換し、磁気ディスクの動きを制御し、複合ヘッドの位置を制御する手段とを含むことを特徴とする、磁気ディスク・ドライブ。

【図面の簡単な説明】

【図1】磁気ディスク・ドライブの平面図である。

【図2】図1の平面I-I'に沿って切り取った図である。

【図3】図1の磁気ディスク・ドライブの側面図である。

【図4】図2の平面V-V'に沿って切り取った図である。

【図5】図4の平面V-V'に沿って切り取った図4の読取りヘッドのABS図である。

【図6】図5のスピン・バルブの読取りヘッド部分の拡大略ABS図である。

【図7】先行技術のスピン・バルブ・センサの概略ABS図である。

【符号の説明】

52 スピン・バルブ読取りヘッド

130 第1のスピン・バルブ・センサ

132 第2のスピン・バルブ・センサ

134 ギャップまたは絶縁層

136 第1のリード

138 第2のリード

140 第3のリード

142 第4のリード

144 差動増幅器

146 第1のキャパシタ

148 第2のキャパシタ

150 第1のセンス電流源

152 第2のセンス電流源

154 第1のスペーサ層

156 ピン止め層

158 積層自由層

160 スペーサ層

162 ピン止め層

164 積層自由層

166 反強磁性層(AFM)

168 磁気配向

170 反強磁性層(AFM)

172 磁気配向

174 ルテニウム(Ru)層

176 第1の強磁性自由層

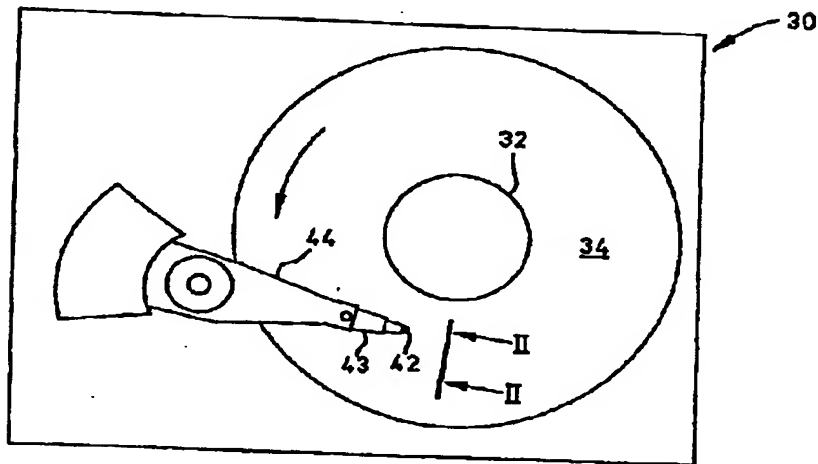
178 第2の強磁性自由層

180 ルテニウム(Ru)層

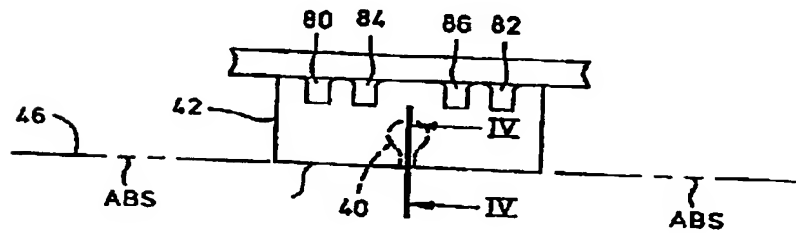
182 第3の強磁性自由層  
 184 第4の強磁性自由層  
 186 磁気モーメント  
 188 磁気モーメント

190 磁気モーメント  
 192 磁気モーメント  
 194 磁気モーメント  
 200 磁気モーメント

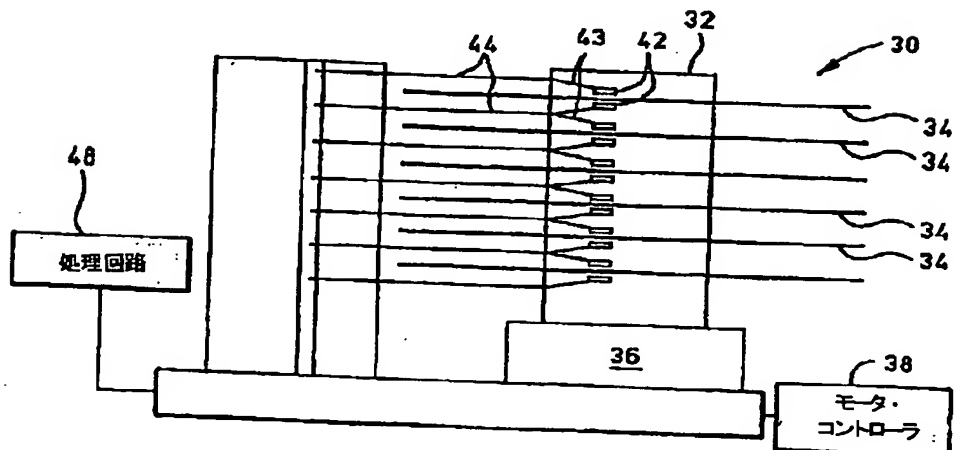
【図1】



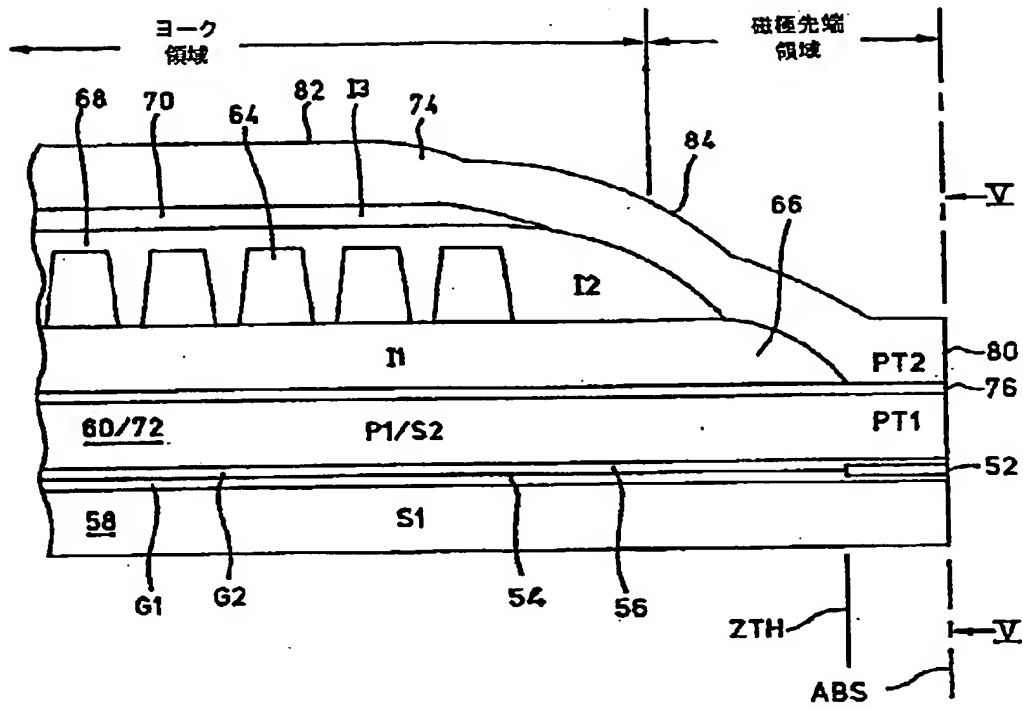
【図2】



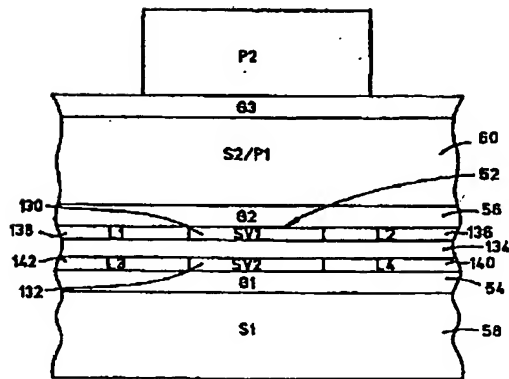
【図3】



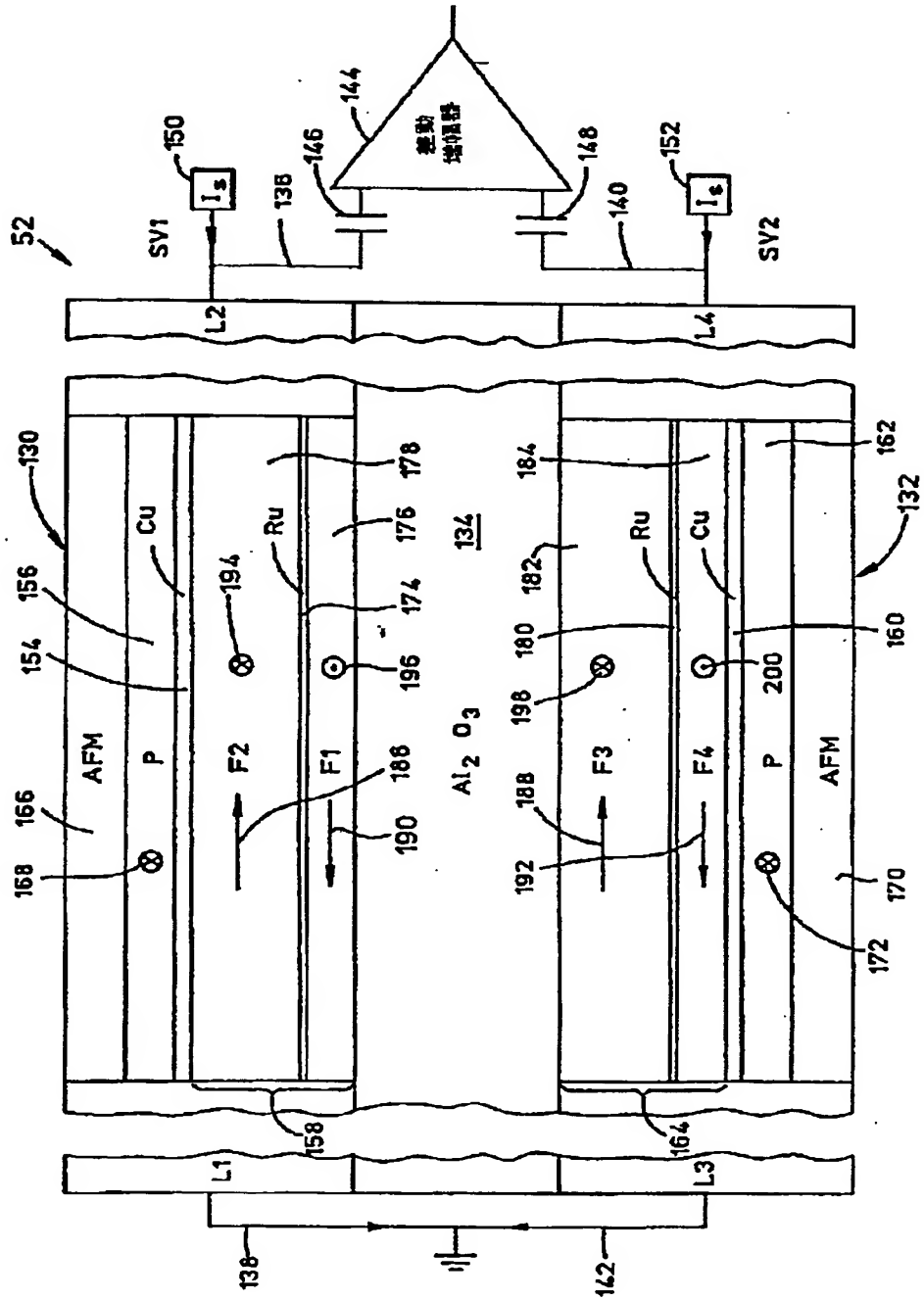
【図4】



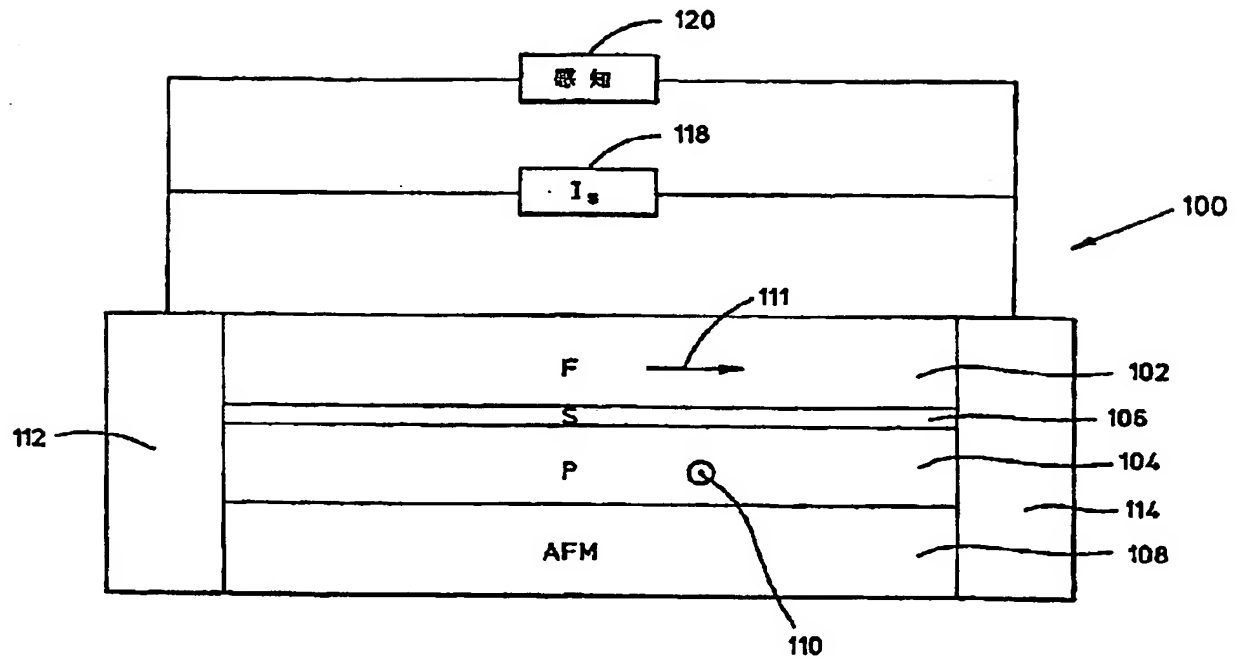
【図5】



【図6】



【図7】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**